

JP2000088777

Publication Title:

X-RAY IMAGING APPARATUS

Abstract:

Abstract of JP2000088777

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an X-ray imaging apparatus whose position resolution can be enhanced by a method wherein fluorescent X-rays or characteristic X-rays which are generated by shining X-rays or an electron beam at a needlelike metal rod are made thinner so as to be shone at an original.

SOLUTION: In a needlelike metal rod 2, an angled α which is formed by its long-axis direction and its side face is set preferably at 15 deg. or lower so that its apparent dimension as viewed from the long-axis direction is extremely small, the maximum diameter N of a part M to be irradiated is set preferably at 3 μm or lower so that the effective diameter of X-rays to be shone at an original 4 is obtained, and its length L in the long-axis direction is set at 5 μm or higher so that their irradiation intensity is increased. By using a capillary 1, X-rays from a X-ray source is made thin down to about 10 μm on their radiant side. The long-axis direction of the metal rod 2 is made nearly at right angles to the incident direction of the X-rays. The irradiation area of the metal rod 2 is made maximum. Fluorescent rays or characteristic X-rays are generated with good efficiency. In addition, the original 4 and a light receiving means 5 are arranged inside a conical space which uses the long-axis of the metal rod 2 as the center axis so that the apparent thickness of the fluorescent X-rays or the characteristic X-ray becomes minimum.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-88777
(P2000-88777A)

(43) 公開日 平成12年3月31日(2000.3.31)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
G 0 1 N 23/223		C 0 1 N 23/223	2 G 0 0 1
	23/225	23/225	4 C 0 9 2
G 2 1 K 1/00		G 2 1 K 1/00	X
H 0 5 G 2/00		H 0 5 G 1/00	J

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-254316

(22) 出願日 平成10年9月8日(1998.9.8)

(71) 出願人 598123149
財団法人ひょうご科学技術協会
兵庫県赤穂郡上郡町金出地1479番6
(72) 発明者 松井 純爾
兵庫県赤穂郡上郡町金出地1479番6 財団
法人ひょうご科学技術協会内
(72) 発明者 千川 純一
兵庫県赤穂郡上郡町金出地1479番6 財団
法人ひょうご科学技術協会内
(74) 代理人 100095832
弁理士 細田 芳樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 X線撮像装置

(57) 【要約】

【課題】被写体に照射するX線をより細くすることができ、それにより分解能に優れたX線撮像装置を提供すること。

【解決手段】針状金属棒と、該針状金属棒にX線又は電子線を照射するための線源と、そしてX線又は電子線の照射により前記針状金属棒から発生する蛍光X線又は特性X線を受光する受光手段とを備えてなるX線撮像装置。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 針状金属棒と、該針状金属棒にX線又は電子線を照射するための線源と、そしてX線又は電子線の照射により前記針状金属棒から発生する蛍光X線又は特性X線を受光する受光手段とを備えてなるX線撮像装置。

【請求項2】 線源から照射されたX線又は電子線を集光する集光手段をさらに備えてなる請求項1記載の装置。

【請求項3】 針状金属棒の長軸方向と、線源より照射されるX線又は電子線の入射方向を示す直線とがなす角 β が約 90° である請求項1又は2記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はX線を用いて物質や生体材料等の内部形状や状態等を撮像するX線撮像装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、種々の物質や生体材料等の内部形状や状態等を撮像するために、X線撮像装置が利用されてきた。このような装置の光源としては、主に特性X線が用いられている。このようなX線撮像装置を用いて、被写体のX線透過像やX線屈折像（これらをまとめて「X線像」という。）が撮像されている。例えば、Nature、第384巻、第335～338頁（1996）には、X線屈折像を生体に適用する試みが記載されている。ここでは、従来では得られなかった生体の細部、具体的には金魚内部の神経繊維や気泡までもが撮像されている。そのため、このような試みは、単なるX線透過像では得られないような部位の撮像が可能な技術として、医学利用などの観点から最近特に注目を浴びている。

【0003】ところで、上記のいずれのX線像を撮像するX線撮像装置においても、その分解能を向上させることは、より微細な構造についての情報を得ることができ、極めて有用である。X線撮像装置の分解能を高めるためには種々の方法があり、被写体に照射するX線を細くすることも、その一つである。

【0004】特性X線を被写体に照射するX線撮像装置においては、対陰極物質に照射される電子線の束を、電磁レンズを用いて絞ることによって対陰極物質のX線励起領域を小さく限定し、発生する特性X線を細くする操作が行われている。しかしながら、高い電子密度のまま電子線の束を細くすることができる電磁レンズを設計することは容易ではなく、さらに、対陰極物質表面近傍における電子の散乱のために、X線励起領域を小さく限定することは本質的に限界があった。このような理由から、現在入手できる特性X線の太さは $2\sim 3\mu\text{m}$ が最小値である。

【0005】一方、被写体に照射するX線として蛍光X線を使用するX線撮像装置が存在する。かかるタイプの

X線撮像装置においては、ミラーやゾーンプレート、キャピラリーを用いてX線を細くする操作が行われている。しかしながら、ミラーを用いた場合はある特定の一方の幅のみを小さくすることしかできず、ゾーンプレートやキャピラリーを用いた場合はその加工精度の問題から、得られるX線の太さの最小値はせいぜい数 μm 程度である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】したがって本発明の目的は、被写体に照射するX線をより細くすることができ、それにより分解能に優れたX線撮像装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】即ち、本発明の要旨は、〔1〕 針状金属棒と、該針状金属棒にX線又は電子線を照射するための線源と、そしてX線又は電子線の照射により前記針状金属棒から発生する蛍光X線又は特性X線を受光する受光手段とを備えてなるX線撮像装置、に関するものである。

【0008】

【発明の実施の形態】図1は本発明のX線撮像装置の一態様を示す模式平面図である。図1の装置においては、針状金属棒2と、該針状金属棒2にX線又は電子線を照射するための線源（図示せず。）と、そしてX線又は電子線の照射により前記針状金属棒2から発生する蛍光X線又は特性X線を受光する受光手段5とを備えてなる。図1に示される装置には、集光手段としてのキャピラリー1、針状金属棒2の位置を調節するための可動保持部材3、針状金属棒2の先端の位置を確認するためのモニターカメラ6、散乱X線等の混入を防止するための遮蔽体7といった要素がさらに設けられている。図1に示される装置においては、被写体4は針状金属棒2と受光手段5との間に置かれている。

【0009】針状金属棒を構成する金属の種類としては、例えば、ニッケル、タングステン、イリジウム・白金の合金等が挙げられる。針状金属棒の形状は、その先端が尖ったものが好ましい。

【0010】針状金属棒の形状の好ましい態様を、図2により説明する。図2は、針状金属棒の先端部分を示す模式図である。針状金属棒の先端部分を円錐に見立てて考える。円錐の頂点Aと、円錐底面の円の中心A'とを結ぶ線を針状金属棒の長軸とする。長軸方向と、針状金属棒の側面とがなす角 α の角度は、現状の、鋭利な針状金属棒を確保するための機械的・化学的加工技術の観点から、 8° 以上が好ましく、 6° 以上が特に好ましい。また、長軸方向からみた針状金属棒の見掛け上の寸法を極小化する実利上の観点から、 α は 15° 以下が好ましく、 10° 以下が特に好ましい。

【0011】また、X線又は電子線が当たる被照射部Mの最大径Nの大きさは、被写体に照射するX線の実効的

な寸法を獲得する観点から、 $3\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $1\mu\text{m}$ 以下が特に好ましい。このNの大きさは蛍光X線又は特性X線の太さとはほぼ同じであり、Nの大きさを調整することにより、蛍光X線又は特性X線の太さを所望の程度に調整することができる。

【0012】また、被照射部Mの長軸方向の長さLの長さは、被写体に照射される実効的なX線照射強度をできる限り大きくする観点から、 $5\mu\text{m}$ 以上が好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以上が特に好ましい。

【0013】このような針状金属棒は、機械的な切削や電解エッチング等の手段を用いて金属棒を加工することによって作製することができる。このような加工技術により、針状金属棒の先端を原子レベルにまで尖らせることも可能である。また、走査型トンネル顕微鏡の探針に用いられる金属針をそのまま針状金属棒として、又はそれをさらに加工したものを針状金属棒として用いることができる。

【0014】図1に示される装置においては、針状金属棒2としては走査型トンネル顕微鏡の探針を、特別な追加加工を行わずに用いている。この針状金属棒2はイリジウム・白金（組成比で1：4）の合金である。また、光学顕微鏡で確認したところ、針状金属棒2の先端の形状はほぼ円錐状であり、角 α は約 6° 、針状金属棒の被照射部Mの最大径Nの大きさは $1\mu\text{m}$ 、被照射部Mの長さLは $10\mu\text{m}$ である。

【0015】針状金属棒の先端部の被照射部MにX線又は電子線が照射される。被写体に照射されるX線の強度や設備面での負荷の観点から、本発明においてはX線を用いることが好ましい。

【0016】X線の線源としては、例えば、シンクロトロン放射光（単に「放射光」と略記する。）、電子線励起X線源等が挙げられる。また、電子線の線源としては、例えば、電磁レンズが組み込まれた電子線加速装置等が挙げられる。電子線の線源の場合は、電子線が発生してから特性X線が励起されるまでの通路を 1×10^{-4} パスカル以上の真空とすることが好ましい。

【0017】線源から針状金属棒までの距離は、前記放射光又は電子線励起X線源の場合、例えば、 $2 \sim 50\text{m}$ が好ましい。線源として電子線加速装置を用いる場合、線源から針状金属棒までの要素は 10^{-4} パスカル以下の圧力に維持することが、安定な強度の特性X線を確保する観点から好ましい。

【0018】針状金属棒に照射されるX線又は電子線のエネルギーは、透過性の高い波長の蛍光X線又は特性X線を確保する観点から、 20keV 以上が好ましく、 30keV 以上がより好ましく、 50keV 以上が特に好ましい。また、過大な漏洩X線の人体への被爆を抑制する観点から、 80keV 以下が好ましく、 70keV 以下がより好ましく、 60keV 以下が特に好ましい。

【0019】また、線源から照射されるX線又は電子線

の太さは特に限定されず、例えば、数～数十 μm 程度が好ましい。線源と針状金属棒との間に集光手段を設ける場合、X線光子又は電子の利用効率の低下を抑える観点から、上記の太さは、集光手段の出射側のサイズと同程度であることがより好ましい。

【0020】図1に示される装置で用いる線源は、高輝度放射光施設であるSpring-8（日本国兵庫県佐用郡三日月町三原323-3、財団法人高輝度光科学研究センター内）から得られるシンクロトロン放射光X線である。この放射光X線のエネルギーは $100\text{eV} \sim 300\text{keV}$ 程度の範囲で任意に選択することができ、測定時は例えば $50 \sim 60\text{keV}$ とする。また、この放射光X線の太さは約 $1 \sim 2\text{mm}$ である。また、線源から針状金属棒までの距離は $20 \sim 50\text{m}$ である。

【0021】X線又は電子線の針状金属棒被照射部への照射により、蛍光X線又は特性X線が発生する。発生したこれらの種類のX線は、針状金属棒先端から針状金属棒の長軸方向を含むある立体角の範囲内に放射される。針状金属棒から発生する蛍光X線又は特性X線の太さは、針状金属棒の被照射部の最大径とはほぼ同じである。蛍光X線又は特性X線の太さは、X線撮像装置の分解能を向上させる観点から、より細い方が好ましい。例えば、数 μm 以下が好ましく、 $1\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。蛍光X線又は特性X線の太さは、金属メッシュの透過拡大像の白黒コントラストを測定し、その強度変化の急峻性により確認することができる。

【0022】また、発生する蛍光X線又は特性X線のエネルギーは、被写体に対するX線の透過能力の観点から、 10keV 以上が好ましく、被写体の体積や構成元素に応じて適宜選択できることが好ましい。発生する蛍光X線又は特性X線の強度は、例えば、線源から照射されるX線又は電子線の強度を適宜設定することにより調整することができる。

【0023】図1に示される装置において、発生した蛍光X線の、受光手段5近傍でのエネルギーをシンチレーションカウンターで測定した結果、約 13keV である。また、受光手段5近傍の蛍光X線の太さを、金属メッシュの透過拡大像の白黒コントラストを測定して確認した結果、約 $1.2\mu\text{m}$ である。このように、図1に示される装置において得られる蛍光X線はX線像を得るために十分な強度を有するものであり、かつ該蛍光X線の太さが約 $1\mu\text{m}$ であることから、図1に示される装置は極めて分解能の高い装置である。

【0024】受光手段としては、公知の手段、例えば受像管、フィルム等が挙げられる。

【0025】図1に示される装置において、被写体4及び被写体4のX線像を記録する受光手段5は、針状金属棒2の長軸の延長線上に設置する。受光手段5としてX線テレビ及びX線フィルムを用い、被写体4としてマウスを用いてそのX線像、即ちX線透過像及びX線透過像

とX線屈折像の重畳した像を撮像する。その結果、受光手段5としてX線テレビを用いた場合、X線撮像装置の分解能は $25\mu\text{m}$ 程度、X線フィルムを用いた場合、その分解能は $5\mu\text{m}$ 程度である。

【0026】蛍光X線又は特性X線の発生に関与しない光子又は電子の量を低減する観点から、線源から照射されたX線又は電子線を集光する集光手段をさらに設けることが好ましい。X線を集光する集光手段としては、公知の集光手段、例えば、ゾンプレート、ガラス製又は金属製の細管からなるキャピラリー等が挙げられる。電子線を集光する集光手段としては、公知の集光手段、例えば、電磁レンズ等が挙げられる。これらの集光手段を設けた場合、集光手段の入射側からX線又は電子線を入射すれば、出射側におけるX線又は電子線の太さを数十 μm 程度にまで容易に小さくすることができる。

【0027】集光手段を備えた装置においては、その集光手段の集光位置（例えば、焦点）近傍に針状金属棒の被照射部位が位置するように各要素を設けることが、蛍光X線又は特性X線の発生に寄与するX線又は電子線を、損失なく最大限に活用する照射効率の観点からより好ましい。

【0028】図1に示される装置においては、線源から照射されたX線を集光するために、集光手段としてのキャピラリー1が線源と針状金属棒2との間に設けられている。キャピラリー1はガラス製であり、その長さが 100mm 、入射側の孔の内径が 1mm 、出射側の孔の内径が $10\mu\text{m}$ である。入射される放射光X線は数十 μrad 程度の広がりを持っており、かかるキャピラリー1を用いることにより、出射側におけるX線の太さを約 $10\mu\text{m}$ 程度にまで小さくすることができる。

【0029】また、受光手段への過剰な散乱X線などの混入を防ぎながら、効率良く針状金属棒の先端からの蛍光X線又は特性X線を取り入れるために、受光手段の周囲に鉛等による遮蔽体7を設けても良い。

【0030】次に、本発明の装置を構成する各要素間の位置関係について説明する。図3は、線源、針状金属棒、被写体及び受光手段の相対的な位置関係を示す概略構成図である。

【0031】針状金属棒と被写体、受光手段の相対的な位置関係については、針状金属棒の長軸方向（図3においてA-A'を通る直線）を中心軸とする円錐状の空間内に被写体及び受光手段が位置することが好ましい。最も好ましくは、針状金属棒の長軸の延長線上（A-A'を通る直線）に被写体及び受光手段の中心が位置する場合である。というのは、針状金属棒の長軸方向の延長線上において、蛍光X線又は特性X線の見掛け上の太さが最も小さくなるからである。

【0032】線源より照射されるX線又は電子線の入射方向は、線源Bと、針状金属棒におけるX線又は電子線が照射される位置B'とを結ぶ直線で示される。針状金

属棒と線源との位置については、針状金属棒の長軸方向（A-A'を通る直線）と、線源より照射されるX線又は電子線の入射方向を示す直線（B-B'を通る直線）とがなす角 β を考えた場合、X線又は電子線が針状金属棒を照射する面積を最大化して、蛍光X線又は特性X線を効率よく発生させる観点から β が $80\sim 100^\circ$ が好ましく、 $85\sim 95^\circ$ がより好ましい。最も好ましくは、 β が約 90° の場合、即ち、針状金属棒の長軸方向（A-A'を通る直線）と、線源より照射されるX線又は電子線の入射方向を示す直線（B-B'を通る直線）とがほぼ直交する場合である。

【0033】針状金属棒2の先端の位置調整は、例えば、次のように行うことができる。例えば、図1に示される装置においては、モニターカメラ6が設けられている。針状金属棒2の先端に蛍光塗料を塗布し、蛍光塗料にX線が照射されたときに発生する蛍光を前記モニターカメラ6で監視して、まずおおまかな位置調整を行う。さらに、受光手段5の位置にシンチレーションカウンタを置いて、蛍光X線の太さと強度の値に基づいて針状金属棒2の先端の位置及び方向を最適化する。図1に示される装置においては、蛍光X線の太さが最小となり、かつ強度が最大となるように調整されているため、針状金属棒の長軸のほぼ延長線上に受光手段、そして被写体が置かれるように、長軸と放射光X線の入射方向とが互いにほぼ垂直となるように設定されている。

【0034】線源や受光手段に対する針状金属棒の位置を適切に調整できるように、針状金属棒はxyzステージ等の可動保持部材と連結されることが好ましい。かかる可動保持部材は、好ましくは $0.5\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $0.1\mu\text{m}$ 以下の位置精度で位置決めが可能なものが好適に使用できる。

【0035】図1に示される装置においては、キャピラリー1から出射された出射X線ビーム12の焦点近傍に針状金属棒2の被照射部が位置するように、可動保持部材3であるxyzステージの位置を調整する。xyzステージはx軸、y軸、z軸に移動可能であり、そのx、y、z各軸の位置精度は $0.1\mu\text{m}$ である。ここでは、針状金属棒2に照射される出射X線ビーム12の進行方向をx軸、x軸かつ重力に垂直な方向をy軸、重力の方向をz軸とする。なお、針状金属棒2の長軸方向が出射X線ビーム12の進行方向（x軸方向）と互いに垂直になるように、針状金属棒2がxyzステージに固定されている。また、針状金属棒から受光手段までの距離は $1\sim 5\text{m}$ である。

【0036】このような、各要素の位置設定の確認は、受光手段の位置にシンチレーションカウンタを置き、X線の太さ及び強度を測定して、太さが最小に、かつ強度が最大になるように針状金属棒の位置を調節すれば良い。

【0037】かかるX線撮像装置を用いることにより、

高解像度のX線像を得ることができる。被写体の位置は、針状金属棒と受光手段との間である。針状金属棒と被写体との距離は、例えば、0.01～0.5mの範囲とすることが好ましい。

【0038】針状金属棒の先端と被写体、及び被写体と受光手段の相対距離の比を調整することにより、X線透過像のみのX線像や、X線透過像とX線屈折像が重畳されたX線像を得ることができる。このような調整は、例えば被写体の位置を変えることにより実施することができる。特に、精度良く位置決めが可能な可動保持部材に被写体を設置することにより、良好なX線像を得ることができる。

【0039】本発明のX線撮像装置は極めて分解能が高く、さらに、生体を被写体として適用できるため、取り分け、医学分野での有用性が高い。

【0040】

【発明の効果】本発明のX線撮像装置は、高強度でかつ極めて細い蛍光X線又は特性X線を被写体に照射できるため、極めて位置分解能が高い。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明のX線撮像装置の一態様を示す模式平面図である。

【図2】図2は、針状金属棒の先端部分を示す模式図である。

【図3】図3は、線源、針状金属棒、被写体及び受光手

段の相対的な位置関係を示す概略構成図である。

【符号の説明】

- A 頂点
- A' 円錐底面の円の中心
- B 線源
- B' 針状金属棒におけるX線又は電子線が照射される位置
- α 針状金属棒の長軸方向と針状金属棒の側面とがなす角
- M 被照射部
- N 被照射部Mの最大径
- L 被照射部Mの長軸方向の長さ
- r 針状金属棒の長軸と針状金属棒の先端を通る直線とがなす角
- β 針状金属棒の長軸と、線源より照射されるX線又は電子線の入射方向を示す直線とがなす角
- 1 キャピラリー
- 2 針状金属棒
- 3 可動保持部材
- 4 被写体
- 5 受光手段
- 6 モニターカメラ
- 7 遮蔽体
- 12 出射X線ビーム

【図1】

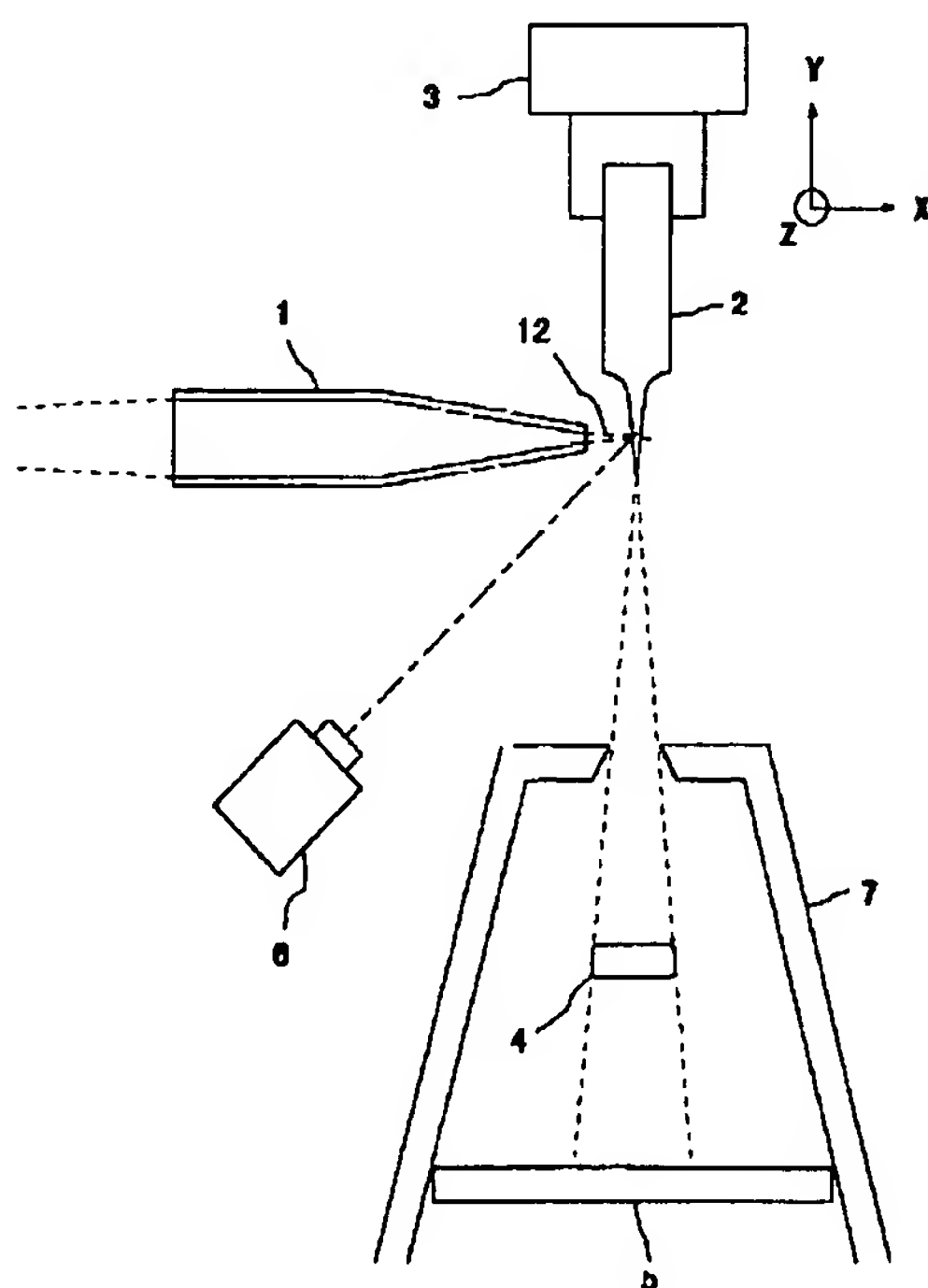


図 1

【図2】

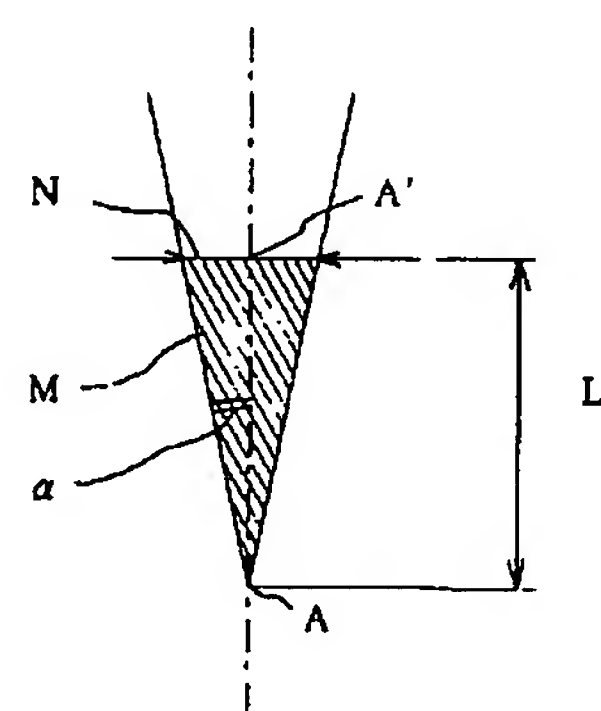


図 2

【図3】

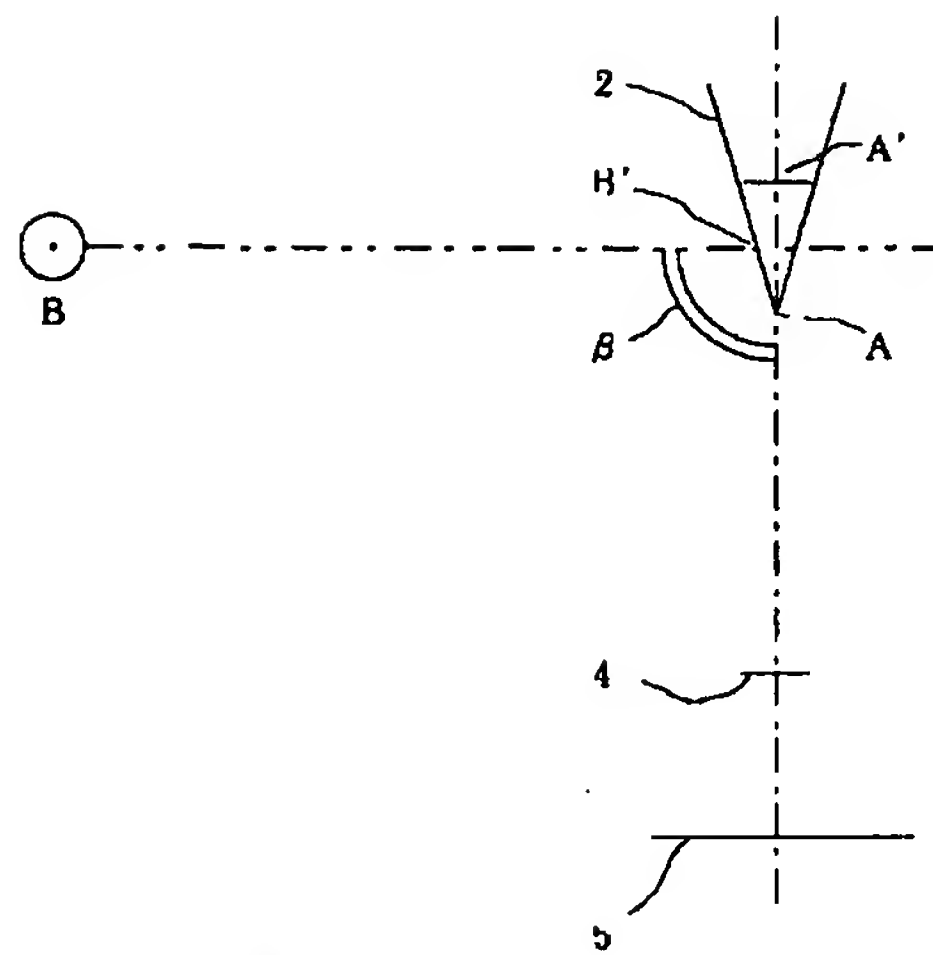


図 3

フロントページの続き

Fターム(参考) 2G001 AA01 BA11 CA01 DA02 DA03
DA09 GA13 GA16 HA09 HA12
JA14 LA01 SA01 SA10 SA29
SA30
4C092 AA01 AA03 AA17 AB30 AC01
AC16 BD05 BD11 BE02 DD06